

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011089530 **Image available**
WPI Acc No: 1997-067455/199707
XRAM Acc No: C97-022201
XRPX Acc No: N97-055466

**Plasma assisted high vacuum vapour coating of wear resistant layers -
using a protective gas to provide convective heat transfer during heating
and cooling to ensure uniform temperature of the article**

Patent Assignee: BERGMANN E (BERG-I); BERGMAN E (BERG-I)

Inventor: BERGMANN E

Number of Countries: 008 Number of Patents: 007

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 752482	A2	19970108	EP 96810433	A	19960701	199707 B
JP 9104970	A	19970422	JP 96175017	A	19960704	199726
US 5792519	A	19980811	US 96674505	A	19960702	199839
US 5855684	A	19990105	US 96674505	A	19960702	199909
		US 97877475	A	19970617		
CH 690857	A5	20010215	CH 951944	A	19950704	200117
EP 752482	B1	20011017	EP 96810433	A	19960701	200169
DE 69615942	E	20011122	DE 615942	A	19960701	200201
		EP 96810433	A	19960701		

Priority Applications (No Type Date): CH 951944 A 19950704

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 752482 A2 E 10 C23C-014/32

Designated States (Regional): DE FR GB IT SE

JP 9104970 A 10 C23C-014/24

US 5792519 A C23C-016/02

US 5855684 A C23C-016/00 Div ex application US 96674505

Div ex patent US 5792519

CH 690857 A5 C23C-014/22

EP 752482 B1 E C23C-014/32

Designated States (Regional): DE FR GB IT SE

DE 69615942 E C23C-014/32 Based on patent EP 752482

Abstract (Basic): EP 752482 A

Plasma assisted high vacuum vapour coating of parts with wear resistant coatings where the part is conditioned then coated, where conditioning comprises the creation of a fine or rough vacuum, the forming a protective gas atmosphere at an even lower pressure and the step heating of the part. Equipment for the above process includes a high vacuum chamber, evaporation sources and substrate holders for the creation of a gas flow.

Pref. a second conditioning step is performed prior to coating comprising a hold at temperature under a high vacuum. After coating the part is step cooled under the aforementioned protective gas, which pref. comprises Ne or He.

USE - This invention relates to a method of plasma assisted high vacuum vapour coating of articles with wear resistant coatings.

ADVANTAGE - Prior art processes use radiation heat transfer to elevate the articles temps. prior to coating, which provides non-uniform temp. and hence a non-uniform coating. This is due to

BEST AVAILABLE COPY

surface finish, shading and the heat flow dependence on the temp. difference between the article and heat source. This presently prevents the economical coating of heavy parts and requires skilled operators to process mixed batch. This invention overcomes such problems by utilising gas atoms as energy carriers in the heating process (like a convection oven), providing a heat flow approximately orthogonal to the mass resulting in more uniform heating and cooling of most shapes.

Dwg.2/3

Title Terms: PLASMA; ASSIST; HIGH; VACUUM; VAPOUR; COATING; WEAR; RESISTANCE; LAYER; PROTECT; GAS; CONVECTION; HEAT; TRANSFER; HEAT; COOLING; ENSURE; UNIFORM; TEMPERATURE; ARTICLE

Derwent Class: M13; V05

International Patent Class (Main): C23C-014/22; C23C-014/24; C23C-014/32; C23C-016/00; C23C-016/02

International Patent Class (Additional): C23C-014/02; C23C-014/54; C23C-014/56; C23C-014/58; H01J-037/32

File Segment: CPI; EPI

Manual Codes (CPI/A-N): M13-F02

Manual Codes (EPI/S-X): V05-F05C1; V05-F08D1

?



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Übersetzung der
europäischen Patentschrift

97 EP 0 752 482 B 1

10 DE 696 15 942 T 2

51 Int. Cl. 7:
C 23 C 14/32
C 23 C 14/02
C 23 C 14/56
H 01 J 37/32
C 23 C 14/54
C 23 C 14/58

21 Deutsches Aktenzeichen: 696 15 942.2
96 Europäisches Aktenzeichen: 96 810 433.1
96 Europäischer Anmeldetag: 1. 7. 1996
97 Erstveröffentlichung durch das EPA: 8. 1. 1997
97 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 17. 10. 2001
47 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 20. 6. 2002

30 Unionspriorität:
194495 04. 07. 1995 CH
73 Patentinhaber:
Bergmann, Erich, Basel, CH
74 Vertreter:
Lorenz und Kollegen, 89522 Heldenheim
84 Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, SE

72 Erfinder:
gleich Anmelder

54 Verfahren und Vorrichtung zum Auftragen verschleissfester Beschichtungen mittels Hochvakuum-PVD

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 696 15 942 T 2

DE 696 15 942 T 2

10102

PATENTANWALT
DR.-ING. WERNER LORENZ

Alte Ulmer Str. 2
D-89522 Heidenheim
14.01.2002 Ky
Akte: EP 5599P/DE
Europäische
Patentanmeldung
Nr. 96 810 433.1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur plasmaunterstützten Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen mit mindestens den Verfahrensschritten der Konditionierung und Beschichtung, wobei der Verfahrensschritt der Konditionierung einen Konditionierungsschritt der Erwärmung umfaßt.

Sie betrifft auch die Vorrichtung zur Ausführung dieses Verfahrens.

Viele Verfahren zur physikalischen Aufdampfung wurden während der letzten 30 Jahre vorgeschlagen. Viele davon haben seitdem breite Anwendung gefunden (siehe E. Bergmann und E. Moll: "Plasma assisted PVD coating technologies"/"plasmaunterstützte physikalische Aufdampfungs-Beschichtungstechnologien" veröffentlicht in Surface Coatings and Technologies, Band 37 (1989), Seiten 483 ff.). Alle diese Verfahren können als eine Kombination der folgenden drei Verfahrensschritte beschrieben werden: Konditionierung, Ablagerung, Dekonditionierung. Die Konditionierung umfaßt in den mei-

sten Fällen mehrere Konditionierungsschritte: Reinigen, unter Hochvakuum setzen, Erwärmung und Plasmaätzen. Die Dekonditionierung umfaßt in den meisten Fällen die folgenden Dekonditionierungsschritte: Kühlung, Entfernen aus dem Hochvakuum und Konservierung. Diese Schrittfolge wird fast in allen Verfahren der plasmaunterstützten physikalischen Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen verwendet. Ausnahmen sind natürlich die Beschichtungen von temperaturempfindlichen Teilen, wobei der Schritt der Erwärmung übersprungen wird. Teile werden dann als temperaturempfindlich betrachtet, wenn sie ohne Schaden nicht auf mehr als 650 °K erwärmt werden können. Der Stand der Technik für Verfahren zur plasmaunterstützten Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen wurde in den Patenten DE 3936550 und DE 104998 beschrieben. In diesen zwei Patenten wird das Setzen unter Hochvakuum und Strahlungserwärmung empfohlen. Bei Strahlung fließt die Heizungswärme als ein Strahl von Infrarotphotonen von einem Heizelement zu den zu erwärmenden Teilen. Ein Heizelement ist eine Oberfläche, deren Temperatur höher ist als die Temperatur der zu erwärmenden Teile. Die Sollwerttemperatur ist die Temperatur, die die Teile in dem Konditionierungsschritt erreichen sollten.

Die verschiedenen Varianten des Plasmaätzens werden nicht abgehandelt, da sie kein Gegenstand dieser Erfindung sind. Alle heute verwendeten Plasmaätzverfahren

ren werden unter Hochvakuum ausgeführt, obgleich auch Grobvakuumverfahren denkbar wären.

Jede physikalische Aufdampfung kann als eine aus drei Vorgängen bestehende Folge angesehen werden, wovon jeder zeitlich gesehen gleichbleibend ist, d.h. Verdampfung von Komponenten des Materials, das die Beschichtung in einer geeigneten Anlage, Quelle genannt, bilden wird, Transport dieser Komponenten, die die Beschichtung bilden und, wenn angemessen, Transport von gasförmigen Komponenten zu den Teilen und Umwandlung dieser Komponenten auf der Oberfläche der Teile in Beschichtungen mit den erforderlichen Eigenschaften. Zahlreiche Formen von Dampfquellen sind bekannt und werden heute verwendet (siehe E. Bergmann und E. Moll, an der angegebenen Stelle). Bei der physikalischen Aufdampfung verschleißbeständiger Beschichtungen basieren diese entweder auf Sputtern oder auf Lichtbogenverdampfung. Die verdampften Komponenten zur Bildung der Beschichtung werden durch einen freien Molekularfluß oder mittels eines elektrostatisch und/oder elektromagnetisch geleiteten Molekularflusses zu den Teilen transportiert. Dadurch bildet sich ein Massenfluß von Komponenten aus dem Material, aus dem sich die Beschichtung zusammensetzt.

Bis jetzt wurden die folgenden Transportkonfigurationen verwirklicht, wovon jede spezifisch zu einer bestimmten Ausrüstungs- und Dampfquellenkonfiguration gehört:

- Eine flache Quelle, die einem flachen Teil gegenüberliegt: Ungeeignet für Verschleißschutzbeschichtungen, bei denen die meisten Teile eine komplexe Form aufweisen. Hauptsächlich Verwendung in Schleusensystemen.
- Flache Quellen auf einem Zylinder, und ein radialer Massenfluß zu den Teilen im Mittelpunkt des Zylinders.
- Laufpunktquellen oder Stangenquellen und radialer Massenfluß in Richtung der Komponenten auf der Zylinderoberfläche.
- Punktquelle im Mittelpunkt oder auf dem Boden, und radialer Fluß zu den auf dem Segment einer Kugel angebrachten Substraten.

Flache Quellen sind Verdampfungsanlagen, bei denen die Komponenten des Materials, das die Beschichtung bilden wird, von einer erweiterten Oberfläche bzw. da abgegeben werden, wobei diese Oberfläche flach ist. Punktquellen sind Verdampfungsanlagen, bei denen die Komponenten des Materials, das die Beschichtung bilden wird, von einer Oberfläche abgegeben werden, deren typischerweise im Bereich von 0,001 - 0,003 m liegende Erweiterung im Vergleich zur Behälteroberfläche sehr klein ist. Stangenquellen sind Verdampfungsanlagen, bei denen die Komponenten des Materials, das die Beschichtung bilden wird, von einer Stange abgegeben werden.

Bei Verfahren zur plasmaunterstützten physikalischen Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen nach dem Stand

der Technik werden Transportkonfigurationen mit entweder parallelen Wärme- und Massenströmen oder Wärme- und Massenströmen verwendet, die coradial sind, verwendet, wobei coradial bedeutet, daß beide in radialer Richtung desselben Zylinders verlaufen.

Die Gründe für die Beschränkung auf diese Transportkonfigurationen werden als offensichtlich angesehen. Unter Hochvakuum ist ein Wärme flu ß in Form eines Photonenstrahls sowie ein Massenflu ß der Komponenten, die die Beschichtung bilden werden, in Form eines Molekularflusses, ein gerichteter Strom. Diese sequentielle Kombination erfordert daher eine parallele oder coradiale Richtung des Wärme flusses und des Massenflusses, um eine Gleichheit des Ausgesetztseins der Teile beiden Strömen gegenüber sicherzustellen. Da der Wärmetransport im Hochvakuum auf Photonen begrenzt ist, ist der Stand der Technik auf Strahlungserwärmung begrenzt.

Die Verwendung von Strahlungserwärmung bringt viele Nachteile bei der praktischen Anwendung dieser Verfahren mit sich. Der Wärmetransport von den Strahlungsoberflächen zu dem Kern der Teile ist schlecht, da er in großem Maße von der Oberflächenbeschaffenheit der Teile abhängig ist und ungleichmäßige Temperaturen nicht vermieden werden können: Durch Schattenwirkung bleiben manche Teile zu kalt, während durch intensive Strahlung einige Teile überhitzt werden. Diese Probleme entstehen aufgrund der Tatsache, daß der mit Strahlung in Zusammenhang stehende Wärme flu ß sehr stark von

der Temperaturdifferenz zwischen dem Heizelement und dem zu erwärmenden Teil abhängig ist. Der Wärmefluß ist proportional zu der vierten Kraft dieser Temperaturdifferenz. Fig. 1 stellt die Temperaturentwicklung von drei Teilen mit unterschiedlichem Gewicht in verschiedenen Bereichen einer Vorrichtung mit Konditionierung entsprechend dem Stand der Technik dar. Kurve (a) wurde bei einem Spiralbohrer aus H2-Schnellstahl mit einem Durchmesser von 6 mm gemessen, der auf halber Höhe des Teileträgers auf einer Spindel an seinem Umfang fixiert und in einem Bohrfutter geladen war, das eine weitere Drehung um seine Achse ausführte. Kurve (b) wurde bei einem Fräser mit einem Durchmesser von 150 mm, Länge 200 mm gemessen, der ebenfalls auf halber Höhe des Teileträgers auf einer Spindel fixiert war, jedoch frei auf einer Halteplatte stand. Kurve (c) wurde bei einem Formmeißel mit einem Durchmesser von 300 mm gemessen, der im Mittelpunkt des Teileträgers positioniert war. Die Temperatur des Heizelementes war in allen drei Versuchen identisch, nämlich 1270 °K. Die Zieltemperatur betrug für alle drei Teile 770 °K. Der Fräser erreichte diese Temperatur nach 2,5 Stunden. Zu diesem Zeitpunkt hatte die Temperatur des Spiralbohrers seine Anlaßtemperatur von -810 °K weit überschritten, und der Bohrer wurde weich und war nicht mehr gebrauchsfähig. Der Formmeißel erreichte seine Zieltemperatur nie. Diese unterhalb der Spezifikation liegende Temperatur des Formmeißels während des nachfolgenden Beschichtungsschrittes beeinflusste die Haftung der plasmaunterstützten Beschichtung nachteilig. Bei diesem Versuch wurde eine Temperatur des

Heizelementes gewählt, die die Zieltemperatur der Teile bei weitem überschritt. Auf diese Weise überschritten die leichten Teile, bzw. die näher am Heizelement befindlichen Teile, die Zieltemperatur, und hatten sich an die Temperatur des Heizelementes angenähert, während massive Teile, jeweils Teile, die sich in einer größeren Distanz zu dem Heizelement befanden, bedeutend unterhalb der Zieltemperatur blieben. Wenn eine kleine Differenz zwischen der Temperatur des Heizelementes und der Zieltemperatur eingestellt wird, wird der Wärmefluß sehr klein und die Erwärmungszeit wird übermäßig lang.

Diese Probleme verhindern gegenwärtig eine lohnende Beschichtung von massiven Teilen mit plasmaunterstützter physikalischer Aufdampfung durch Lohnbeschichter. Diese erfordern auch von den Bedienern solcher Vorrichtungen eine große Geschicklichkeit bei der Anordnung gemischter Chargen. Die Wirkung der parallelen oder coradialen Anordnung von Wärme- und Massenströmen führt zu einer Erwärmung des Teils mit ähnlicher Ungleichheit wie die Beschichtung.

Der Gegenstand der Erfindung besteht in einem Verfahren zur plasmaunterstützten physikalischen Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrittfolge nach der Schließung der Kammer aus folgendem besteht:

- Erzeugung eines Fein- oder Grobvakuums,

- Erzeugung einer Atmosphäre von Schutzgas bei reduziertem Druck, wobei dieser Druck höher ist als das in dem vorangegangenen Schritt erzeugte Fein- oder Grobvakuum, und Erwärmung der zu beschichtenden Teile durch Transportieren des Schutzgases von Heizelementen zu den Teilen und zurück zu den Heizelementen durch Mittel zur Erzeugung von Gasflüssen.

Die Probleme bei den Beschichtungen nach dem Stand der Technik können gelöst werden, wenn anstatt Photonengas Atome und/oder Moleküle als Energieträger verwendet werden. Dies erfordert einen Gasfluß von den Heizelementen zu den Teilen. Das Prinzip ist seit Jahrhunderten in Bäckereien bekannt und wurde in den letzten zwei Jahrzehnten bei den Haushaltsbacköfen eingeführt. Ein Strahlungsofen kann nur Brote gleicher oder ähnlicher Größe backen, während ein Konvektionsofen zum gleichzeitigen Backen von Keksen und Kuchen geeignet ist.

Doch das Hochvakuum des Verdampfungsvorganges weist eine geringe Gasdichte auf, wodurch die Erwärmung mit Gas extrem wirkungslos würde. Die Kammer mit den zu beschichtenden Teilen wird zuerst auf ein Feinvakuum abgepumpt, dann mit einem Schutzgas wieder auf ein Grobvakuum gefüllt, das für die Konditionierung durch Erwärmen verwendet wird. Erst wenn die Erwärmung beendet ist, wird die Kammer unter Hochvakuum gesetzt und der Beschichtungsvorgang entweder mit dem Konditionierungsschritt des Plasmaätzens oder mit der Hochvakuumablagerung fortgesetzt. Im Prinzip kann jedes Gas, das

bei der Zieltemperatur nicht mit den Teilen reagiert, als Schutzgas verwendet werden. Mischungen aus Edelgasen, Stickstoff und/oder Wasserstoff, und insbesondere Mischungen, bei denen Stickstoff oder Helium die Hauptkomponenten sind, haben sich als gut geeignet erwiesen.

Darüber hinaus haben wir herausgefunden, daß bei Konfigurationen, bei denen der Wärmefluß im wesentlichen orthogonal zur Masse verläuft, ein Fluß zu besonders guten Ergebnissen führt. Die Erwärmung und die Kühlung kann bei den meisten Formen von Teilen viel gleichmäßiger gestaltet werden. Die Tatsache, daß das beanspruchte Verfahren die Erwärmung gleichmäßiger gestaltet als die Beschichtung, ist kein Nachteil.

Bei der Erwärmung mit Schutzgasen wird elektrische Energie verwendet, wobei die Heizvorrichtung aus einem Heizelement und einem Gebläse besteht, das das Schutzgas von den Heizelementen zu den Teilen und zurück zu den Heizelementen transportiert. Im Bereich der Ofenkonstruktion sind zwei Ausführungsvarianten bekannt: Bei einer externen Erwärmung saugt das Gebläse das abgekühlte Gas durch den Kontakt mit den Teilen aus der Kammer und bläst es über ein Heizelement, von wo aus es wieder durch die Kammer fließt. Hierbei bestimmen die Einlaß- und Auslaßanschlüsse den Wärmefluß. Bei einer internen Erwärmung sind Konditionierungsraum und Heizelementraum durch in die Kammer integrierte Platten voneinander getrennt. Ein Gebläse saugt das abgekühlte Gas durch Kontakt mit den Teilen aus dem Kondi-

tionierungsraum und bläst es über das Heizelement in dem Heizelementraum, von wo aus es zurück in den Konditionierungsraum fließt. Beide Räume sind Teil einer selben Kammer.

Beide Ausführungsvarianten sind Stand der Technik bei Sinterungsöfen, wurden jedoch wahrscheinlich deshalb nie zur Verwendung bei der Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen vorgeschlagen, weil sie mit der Ablagerung verschleißbeständiger Beschichtungen auf Teilen unter Hochvakuum mit physikalischer Aufdampfung nicht kompatibel erschienen. Bei einer externen Erwärmung mit Schutzgasen würde sich der bei der plasmaunterstützten Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen ständig erzeugte Feinstaub auf den Ventilsitzen ablagern, wodurch die Kammer sehr schnell für den Hochvakuumbetrieb ungeeignet werden würde. Bei einer internen Erwärmung werden Motoren verwendet, die in der Kammer laufen, da es nicht möglich erschien, Hochvakuum-Drehdurchführungen zu konstruieren, die mit den hohen Umdrehungsgeschwindigkeiten wirksamer Gebläse kompatibel sind. Langsam drehende Gebläse erzeugen keinen kontrollierten Gasfluß. Da jedoch diese Motoren, die in der Vakuumkammer laufen, reichlich Gase abgeben, können sie bei Verfahren zur plasmaunterstützten Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen nicht verwendet werden.

Daher besteht ein weiterer Gegenstand dieser Erfindung in einem mit einer magnetischen Übertragung verbundenen Gebläse, wobei es sich vorzugsweise um eine Vorrichtung zur Erwärmung von Schutzgasen bei Verfahren zur plasmaunterstützten Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen handelt.

Ähnliche Erwägungen gelten für die Kühlung. In diesem Fall sollte das Heizelement durch einen Gas-Gas- oder Gas-Wasser-Wärmetauscher ersetzt werden. Daher besteht ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung darin, die Wand des Hochvakuumbehälters als einen Gas-Wasser-Wärmetauscher zu verwenden. Ein weiterer Teil der Erfindung besteht in der Verwendung bewegbarer Gasflußleitbleche.

Die Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens muß Mittel zur Erzeugung von Gasflüssen, vorzugsweise ein Gebläse aufweisen, das in der bevorzugten Ausführung durch eine Magnetkupplung angetrieben wird. Die Vorrichtung weist Gasflußleitbleche auf, die in der bevorzugten Ausführung auch als Wärmeflußbarrieren dienen. Sie können so bewegt werden, daß sie während der Erwärmung einen anderen Gasfluß erzeugen als während der Kühlung. Es wurde festgestellt, daß sich die Wirksamkeit des Verfahrens erhöht, wenn die Heizelemente z.B. in der Nähe des Gebläses positioniert sind. In der Nähe bedeutet z.B. eine Anordnung innerhalb eines Bereiches von 50 - 200 mm. Es wird nicht möglich sein, alle Heizelemente für jede Vorrichtung und installier-

te Heizleistung in diesem Bereich zu positionieren. Es kommt vor allem auf eine Anbringung in der Nähe des Gebläseeinlasses an. Diese Anordnung wird durch die Verwendung der Magnetkupplung erleichtert. Da bei der Magnetkupplung keine geschmierten Teile in der Nähe des Gebläsekörpers vorhanden sind, ist eine höhere Temperatur zulässig.

Nachfolgend die bevorzugte Folge von Verfahrensschritten für das beanspruchte Verfahren.

Nach dem Schließen der Hochvakuumbeschichtungsvorrichtung erzeugt eine zweistufige mechanische Pumpe ein Feinvakuum. Während dieses Verfahrensschrittes werden keine Hochvakuumumpen verwendet (die verwendeten Begriffe und Definitionen entsprechen W. Pupp, H. K. Hartmann Vakuumtechnik, Grundlagen und Anwendungen, Carl Hanser Verlag München 1991). Es wird ein Druck von 5 - 10 Pascal erzeugt. Sobald dieser Druck erreicht ist, wird ein Ventil geöffnet, aus dem Schutzgas in die Kammer hineinströmt. Wenn das Pumpenaggregat über keine ausreichende Pumpleistung im Bereich von 5 - 20 Pascal verfügt, kann die nachfolgende Vorgangsfolge als Alternative genommen werden. Es wird nur ein Druck im Bereich von 100 - 1000 Pa erzeugt, wobei dieser einem Grobvakuum entspricht und ein reichliches Fluten der Vorrichtung mit Schutzgas ermöglicht, bevor die Teile eine zu hohe Temperatur erreichen. Bei beiden Versionen wird ein Schutzgasdruck von mindestens 0,01 bar aufgebaut. Wenn man geschliffene Schaftwerkzeuge beschichten will, wird ein Druck

im Bereich von 0,8 - 1 bar verwendet. Wenn eine intensivere Entgasung der Teile angestrebt wird, z.B. bei polierten oder feingeschliffenen Werkzeugen, haben wir herausgefunden, daß es vorteilhaft ist, auf Kosten längerer Aufwärmzeiten mit einem niedrigeren Druck zu arbeiten. Sobald der Zieldruck des Schutzgases erreicht ist, wird das Gebläse in Betrieb gesetzt und erzeugt einen starken Schutzgasfluß. Der Schutzgasfluß wird über in der Nähe des Gebläses positionierte Heizelemente aufgenommen. Ein Wärme fluß von den Heizelementen zu den Teilen wird erzeugt. Die Richtung des Wärme flusses entspricht der Richtung des Gasflusses. In der Tat sehr unerwarteterweise haben wir herausgefunden, daß es sehr vorteilhaft ist, wenn während der Erwärmung in dem Raum, in den die Teile geladen werden, der Wärme fluß im wesentlichen orthogonal zu dem Massenfluß verläuft, der während der Hochvakuumbeschichtung stattfindet. Mit Orthogonalität der zwei Flüsse meinen wir, daß der Vektor des Gesamtgasflusses 17 und der Vektor des Gesamtmassenflusses 18 einen Winkel bilden, der im wesentlichen ein rechter Winkel ist. Fig. 2 erklärt, wie diese Regel anzuwenden ist. Aufgrund von Flußabweichungen durch die Teile und Wirbel kann der Gasfluß und deshalb auch der Wärme fluß lokal 14 eine andere, sogar eine entgegengesetzte Richtung aufweisen. Doch die Mehrheit der Fließlinien 15 und deshalb der makroskopische Fluß 17, weist eine einzige und eindeutige Richtung auf, deren Bedeutung für einen Fachmann offensichtlich ist. Ähnliche Abweichungen müssen bei dem Massenfluß der plasmaunterstützten Hochvakuumverdampfungsverfahren berücksich-

tigt werden. Bei diesen Verfahren sind die Massenflüsse im wesentlichen so ausgerichtet 16, daß sie von den Dampfquellen wegzeigen. Da ein Teil des Dampfes ionisiert wird, tritt ein gewisses Maß an elektrostatischer Abweichung ein. Trotz dieser Abweichungen ist die Anwendung der Regel für jeden Fachmann auf diesem Gebiet offensichtlich: Es handelt sich um eine klare Regel für die Anordnung von Dampfquellen, von zu beschichtenden Teilen, und für die Anordnung von Gasflußleitblechen. Die Details sind abhängig von den ausgewählten Dampfquellen und werden anhand der nachfolgenden zwei Beispiele noch detaillierter ausgeführt. Wenn man planare Magnetronen und einen zylindrischen Behälter auswählt, wird man die Dampfquellen in die Zylinderseitenwand einbauen und den Kammermittelpunkt so für die Teile reservieren, wie z.B. in der US 4 877 505 beschrieben ist. In diesem Fall sollte man die Flächen des Zylinders für das Blas-(Saug)-Gebläse bzw. die Schutzgasumwälzungs-(Zufuhr)-Vorrichtung verwenden. Wenn man eine Stange als Dampfquelle wählt, wie in der EP 508612 beschrieben ist, wird man die Teile rund um diese Stange herum anordnen. In diesem Fall wird man entweder die zwei Seitenwände einer rechteckigen Kammer oder zwei einander gegenüberliegende Zylindersegmente einer zylindrischen Kammer für eine Gebläse- und Schutzgasumwälzungs-(Zufuhr)-Vorrichtung verwenden. Die Gründe für diese unerwartete Verbesserungswirkung bei orthogonalen Flüssen scheinen wie folgt zu lauten, obgleich bis jetzt keine vollkommen befriedigende Antwort gefunden wurde. Schaftähnliche Werkzeuge, die die Masse an zu beschichtenden Teil-

len darstellen, werden normalerweise mit ihrer Drehachse senkrecht zu dem Massenfluß geladen. Wenn dann der Wärmefluß parallel oder coradial ist, ist die Wärmeaufnahme der Teile auf die dem Wärmefluß ausgesetzte zylindrische Halbfläche begrenzt. Bei einer optimal abgestimmten Heizung wird die Oberfläche dieser Halbfläche sofort die Zieltemperatur erreichen. Die Wärme wird sich dann von dieser Oberfläche auf die gesamte Masse des Werkzeuges verteilen. Die Form der schaftähnlichen Werkzeuge wird dafür sorgen, daß ein orthogonaler Wärmefluß auf der gesamten Zylinderfläche aufgenommen wird, deren Oberfläche bei einer optimal abgestimmten Heizung sofort die Zieltemperatur erreichen wird. Im Rahmen dieses einfachen Modells erhält man die halbe Erwärmungszeit für orthogonale Flüsse im Vergleich zu dem parallelen oder coradialen Fluß.

Wenn diese Teile die für die Teile vorgesehene Zieltemperatur erreicht haben, ist der Konditionierungsschritt der Erwärmung beendet. Der Energieeinsatz in den Heizelementen wird abgeschaltet. Danach wird der Gebläseantrieb abgeschaltet.

Alle gegenwärtig verwendeten Plasmaätzschritte werden unter Hochvakuum ausgeführt (siehe E. Bergmann und E. Moll, an der angegebenen Stelle). Unter diesen Umständen wird der Gaseinlaß, aus dem Gas austritt, nach dem Abschalten des Gebläses geschlossen, und die Kammer wird mit der Hochvakuumpumpevorrichtung auf ein Hochvakuum abgepumpt. Hochvakuumpumpevorrichtungen sind normalerweise dreistufig. Ein bedeutender Vorteil des be-

anspruchten Verfahrens im Vergleich zu Verfahren nach dem Stand der Technik besteht in der Tatsache, daß die Zeit, die bei einer gegebenen Hochvakuumumpvorrichtung bis zum Erreichen eines Hochvakuums verstreicht, beträchtlich verkürzt wird. Bei den Verfahren nach dem Stand der Technik wird die Vorrichtung erst auf ein Hochvakuum abgepumpt, bevor der Konditionierungsschritt Erwärmen gestartet wird. In diesem Fall muß das Hochvakuum in einer kalten oder erwärmten Kammer erzeugt werden. Normalerweise besteht die praktische Ausführung der Hochvakuumverdampfung aus dem Erwärmen der Kammer auf 45 °C mit Wasser. Die Anlage für diese Konditionierung der Wände ist aufwendig (normalerweise 10 - 20 % der Vorrichtungskosten). Doch diese Praxis ignoriert die Tatsache, daß die Vorrichtung zur plasmaunterstützten Hochvakuumbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen anders betrieben wird als andere Hochvakuumbeschichtungsvorrichtungen. Die Dicke der abgelagerten Beschichtungen ist relativ hoch, und zwar im Bereich von 2 - 10 µm pro Charge. Da es sich bei den Teilen normalerweise um schaftförmige oder komplex geformte Teile handelt, entspricht diese Beschichtungsdicke auf den Teilen einer auf den Wänden abgelagerten Beschichtungsdicke von 6 - 30 µm pro Charge. Bei den normalen Anwendungen von Hochvakuumablagerungsverfahren, von denen die praktische Ausführung nach dem Stand der Technik genommen wurde, werden 0,1 µm auf flachen Teilen abgelagert. Das Abpumpen bei einer Hochvakuumvorrichtung wird durch zwei unterschiedliche Verfahren bestimmt (Pupp und Hartmann, an der oben angegebenen Stelle). Das Abpumpen auf ein

Feinvakuum wird durch das Entfernen des Gases erreicht, das das Volumen der Kammer füllt. Der Übergang vom Feinvakuum zum Hochvakuum erfordert das Entfernen des auf den Wänden und Oberflächen adsorbierten Gases. Dies führt zu Problemen, die aufgrund der damit verbundenen dicken Beschichtungsablagerung auf den Wänden insbesondere Vorrichtungen zur plasmaunterstützten Hochvakuumbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen betreffen. Da die Kinetik der Gasdesorption dem Arrhenius-Gesetz unterliegt, erfordert ein wirtschaftlicher Betrieb für diese Anwendung einen Übergang vom Feinvakuum zum Hochvakuum bei hoher Temperatur. Diese Tatsache wurde bei den von der Praxis der Hochvakuumbeschichtung von anderen Teilen abgeleiteten Verfahren übersehen. Die Auswahl einer hohen Temperatur für den Übergang vom Feinvakuum zum Hochvakuum, die ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, löst ein weiteres Problem, das für Verfahren kennzeichnend ist, bei denen der Erwärmungsschritt unter Schutzgas ausgeführt wird. Kammern für solche Verfahren sind aus Gründen, die in dem Abschnitt dieser Patentbeschreibung, in dem die Vorrichtung detailliert abgehandelt wird, genau beschrieben werden, mit Schutzschilden zwischen den Kammerwänden und den Teilen ausgestattet. Diese Anforderung vervielfacht die mit Gas bedeckten Oberflächen und würde daher den wirtschaftlichen Betrieb der Vorrichtung, der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, beeinträchtigen, wenn wir nicht ein Verfahren gefunden hätten, bei dem der Übergang vom Feinvakuum zum Hochvakuum bei hoher Temperatur erfolgt. Wenn ein Hochvakuum erreicht ist,

wird das ausgewählte Plasmaätzverfahren ausgeführt, gefolgt von dem ausgewählten Hochvakuumaufdampfungsverfahren.

Fig. 1 stellt die Erwärmung dreier verschiedener Teile und den Vergleich mit dem Stand der Technik dar, dessen Ergebnisse bereits beschrieben wurden. Kurve (d) wurde bei einem Spiralbohrer mit einem Durchmesser von 6 mm gemessen, der auf dem Umfang eines Drehtellers auf halber Höhe des Substratträgers angebracht war. Kurve (e) stellt das Ergebnis für einen Nuten-Schaftfräser mit einem Durchmesser von 150 mm und einer Länge von 200 mm dar, der ebenfalls auf dem Umfang des Substratträgers geladen war, jedoch auf der Trägerplatte stand. Kurve (f) wurde bei einem Formmeißel mit einem Durchmesser von 300 mm gemessen, der auf dem Mittelpunkt des Substratträgers geladen war. Die Temperaturen der Heizelemente waren in allen drei Fällen gleich, nämlich 1170 °K. Die Zieltemperatur für die Teile betrug 770 °K. Nach 40 Minuten hatte selbst das massivste Teil die Zieltemperatur erreicht. Keines der Teile war überhitzt.

Nach dem/den Hochvakuumablagerungsverfahren durchlaufen die Teile einen weiteren Konditionierungsschritt, die Kühlung. Kühlung ist der Konditionierungsschritt, in dem die Temperatur der Teile von der Temperatur nach dem Beschichtungsschritt auf eine weitere Zieltemperatur heruntergekühlt wird, d.h. auf die Entlüftungstemperatur. Bei dem Verfahren der vorliegenden Erfindung wird Schutzgas auch für den Wärmetransport

in diesem Konditionierungsschritt verwendet. Zu diesem Zweck wird die Kammer erneut mit Schutzgas bis zu einem Druck gefüllt, der zwischen 0,5 und 1 bar liegt. Daraufhin wird das Gebläse wieder in Betrieb gesetzt und bis auf eine Drehgeschwindigkeit von mindestens 500 U/min., vorzugsweise auf eine Drehgeschwindigkeit von 2000 - 2500 U/min. gebracht. Dies ist auch die bevorzugte Umdrehungsgeschwindigkeit für die Erwärmung. Durch eine Veränderung bei der Gasflußleitvorrichtung wird nun der Fluß entlang der Kammerwand ausgerichtet. Als Folge kühlt die Kammerwand das Gas auf eine Temperatur ab, die nahe bei der Temperatur des Kühlwassers der Kammerwand liegt. Dieses abgekühlte Gas wird dann von dem Gebläse über die Teile geblasen oder gesaugt. Während dieses Durchgangs kühlt das Gas die Teile ab, indem es Wärme aufnimmt. Um eine Überhitzung des Kammerkühlwassers während dieses Verfahrensschrittes zu vermeiden, wird die Gebläsedrehgeschwindigkeit wenigstens zeitweise auf die folgende Art und Weise reguliert: Ein Temperatursensor mißt ununterbrochen die Temperatur des Kammerkühlwassers und überträgt ein entsprechendes Signal, den Istwert, an die Stelleinheit. Diese Einheit vergleicht das Signal mit dem eingestellten Wert, der einem Schwellenwert der Temperatur entspricht. Diese Schwellentemperatur ist abhängig von der Konstruktion der Wasserkühlungseinheit der Kammer. Sie liegt im Bereich von 60 - 95 °C. Wenn das Signal den Schwellenwert erreicht, verringert die Stelleinheit die Drehgeschwindigkeit des Gebläses. Wenn das Signal mit einem 5 °C entsprechenden Wert unter dem Schwellenwert liegt, beginnt die Stelleinheit,

die Drehgeschwindigkeit der Gebläseeinheit so lange zu erhöhen, bis das Signal wieder den Schwellenwert erreicht, oder stellt die Drehgeschwindigkeit wird auf den Maximalwert ein. Wenn die Teile die Entlüftungstemperatur erreichen, wird die Kammer durch Öffnen des Stickstoffauslaßventils auf einen dem Luftdruck entsprechenden Druck zurückgebracht, woraufhin eine Öffnung des Entlüftungsventils erfolgt, oder einfach durch das Öffnen des Entlüftungsventils.

Fig. 2 stellt eine bevorzugte Ausführung der Erfindung dar. Der Vakuumbehälter 1 ist eine zylindrische Kammer 21, die als Größenabmessungen einen Durchmesser von 600 mm und eine Höhe von 800 mm aufweist. Das Verhältnis zwischen Höhe und Durchmesser spiegelt auf normale Art und Weise die Größenabmessungen und Mengen der zu beschichtenden Teile wider. Auf der Kammerwand sind mehrere Lichtbogenverdampfer 13 angebracht. Die kathodischen Lichtbogenverdampfer sind extern angebrachte Verdampfer nach dem Stand der Technik, wie z.B. in der DE 126040 beschrieben. Die Teile 12 sind die durch die plasmaunterstützte physikalische Hochvakuumverdampfung zu beschichtenden Teile. Die Halter, die die Teile tragen, bestehen aus einer Trägerplatte 11 mit einer Durchföhrung 23 und einem Antrieb für die Trägerplatte, der nicht dargestellt ist. Weitere Details in bezug auf den Substrathalter können der US 4 485 759 entnommen werden. Der Behälter wird über einen Pumpenanschluß 2 entleert. Er wird mit Schutzgas versorgt, wobei es sich um eine Mischung aus 10 Volumenprozent an Wasserstoff und 90 Volumenprozent an Stickstoff

durch die Ventile 5 handelt. Die Zufuhrleitung für das Schutzgas und die reaktiven Gase für das plasmaunterstützte Hochvakuumaufdampfungsverfahren sind mit 6 bezeichnet. Der Kammerdeckel ist mit einem über eine Achse 19 und eine Magnetkupplung 4 mit einem Motor 20 verbundenen Axialgebläse 3 ausgestattet. Details der Magnetkupplung sind in Fig. 3 dargestellt. Die Heizelemente sind in der unmittelbaren Nachbarschaft des Gebläses angeordnet. Die bevorzugte Ausführung ermöglicht die Positionierung des Heizelementes oben in der Kammer in einem Raum, in dem die Distanz zu dem Gebläse im Bereich von 30 bis 300 mm lag. Die Gasleitbleche 9 und 8 leiten das von den Teilen erwärmte oder gekühlte Gas von dem Kammerboden zurück in das Kammeroberteil. Bei der dargestellten Ausführung handelte es sich bei dem unteren Gasleitblech einfach um eine hantelförmige Behälterzylinderfläche mit einem Durchmesser von 550 mm und 2 mm Dicke. Bei den zwei vertikalen Blechen handelt es sich um Zylinder mit rechteckigen Öffnungen in den Abschnitten, in denen der/die Verdampfer in der Kammerwand eingebaut ist/sind. Bei der dargestellten Ausführung betrugen ihre Durchmesser jeweils 560 und 510 mm. Das Schutzblech 8 besteht aus einem Stapel von drei Blechen. Die beschriebene Kammer enthielt deshalb insgesamt fünf Schutzbleche zwischen den Teilen und der Kammerwand. Eine der Gasflußleitvorrichtungen 8 kann in zwei Positionen bewegt werden, in denen sie den von den Blechen 8 und 9 gebildeten Kanal 25 für den Schutzgasfluß öffnet oder schließt. Dies wird durch die Absperrvorrichtung 26 erzielt. Sie ist mit einer linearen Durchführung 10 verbunden, die

mit einem Hebel 27 verbunden ist, dessen Wirkung eine Bewegung des Bleches 8 während des Übergangs von dem Konditionierungsschritt Erwärmen zum Hochvakuum, oder während des Übergangs von dem Hochvakuum zum Dekonditionierungsschritt der Kühlung oder an jedem Zeitpunkt zwischen diesen zwei Übergängen erzeugt. Andere Konstruktionen wie z.B. Kettenantriebe oder Pneumatikzylinder sind natürlich gleichermaßen geeignet. Andere Bewegungen wie z.B. Drehungen oder Öffnen oder Schließen von Fallenelementen können das Anheben ersetzen. Während dem Konditionierungsschritt der Erwärmung sind die Gasleitbleche so positioniert, daß sie einen bevorzugten Fluß von Schutzgas zwischen den Blechen 8 und 9 durch den Heizkanal 25 erzeugen. Während dem Dekonditionierungsschritt der Kühlung befinden sich die zwei Gasleitbleche in einer Position, die den Schutzgasfluß durch den aus der Kammerwand 21 und das Gasleitblech 8 gebildeten Kühlkanal 24 zwingt. Dieser Kühlkanal 24 kann mit Kühlrippen 22 ausgestattet sein, um den Wärmeaustausch zwischen der Kammerwand 21 und dem Schutzgas zu erhöhen.

Eine bevorzugte Ausführung der Magnetkupplung ist in Fig. 3 dargestellt. Ein Topf mit Querträgern 38, die zwei Wälzlager 29 tragen, ist mit einem Kammerflansch 36 verbunden. Der Topf enthält den angetriebenen Teil der Kupplung. Die Lager tragen die Gebläsewelle 19, die eine Platte 33 trägt, die fest mit ihr verbunden ist und von der Kammerflanschoberfläche durch einen Spalt getrennt ist, der nicht größer als 3 mm, aber größer als 0,2 mm ist. Der Umfang dieser Platte ist

mit einem Ring 31 verbunden, wobei es sich um den Antriebsring handelt. Dieser Ring besteht entweder aus Dauermagnetmaterial, das axial magnetisiert ist, oder aus Stangen und Rippen aus Dauermagnetmaterial, das in einem passend konstruierten Joch angebracht ist. Die andere Seite des Kammerflansches ist durch eine Dichtung 37 mit einem Topf 34 verbunden, der den Antriebs- teil der Kupplung trägt. Der Topf ist mit mindestens einem Wälzlager 29 ausgestattet, dessen innerer Ring an die Welle 28 des nicht dargestellten Motors genietet, oder mit dieser deckungsgleich ist. Die Welle trägt ein aus weichem Eisen oder einem anderen ferromagnetischen Material wie z.B. Nickel- oder Kobaltlegierungen hergestelltes Joch. Das Joch ist mit einem Ring aus Dauermagnetmaterial 30 verbunden, das auf dieselbe Art und Weise wie der Antriebsring 31 konstruiert ist. Die Konstruktion der gesamten Einheit ist so ausgeführt, daß die Anziehungskraft zwischen dem Antriebs- und den angetriebenen Teilen der Kupplung maximiert wird. Bei einer bevorzugten Ausführung sind die Joche und die Formen des Dauermagnetmaterials so beschaffen, daß der Spalt von 0,2 - 3 mm zwischen dem Flansch und der Platte 33, und die Dicke des Flansches im wesentlichen dem gesamten Luftspalt des magnetischen Kreises entsprechen. Die mechanische Konstruktion des Flansches sollte so beschaffen sein, daß die Dicke der Membran 39 in dem Spalt 2 mm nicht überschreitet. Diese dünne Membran muß gut abgestützt sein, um den Druck von 1 bar auszuhalten. Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung werden Ringe aus Dauermagnetmaterial verwendet, bei denen es sich um

Legierungen aus seltenen Erden mit Kobalt oder Eisen handelt. Bei einem weiteren bevorzugten Merkmal der Ausführung der Erfindung werden im wesentlichen aus den Elementen Neodym, Eisen und Bor hergestellte Legierungen verwendet. Der Topf 34 wird durch eine aus Edelstahl 39 hergestellte Membran geschlossen, deren Dicke 2 mm nicht überschreiten darf.

PATENTANWALT
DR.-ING. WERNER LORENZ

Alte Ulmer Str. 2
D-89522 Heidenheim
14.01.2002 Ky
Akte: EP 5599P/DE
Europäische
Patentanmeldung
Nr. 96 810 433.1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur plasmaunterstützten Hochvakuumdampfbeschichtung von Teilen mit verschleißbeständigen Beschichtungen mit mindestens den Verfahrensschritten der Konditionierung und Beschichtung, wobei der Verfahrensschritt der Konditionierung einen Konditionierungsschritt der Erwärmung umfaßt,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Schrittfolge nach der Schließung der Kammer aus folgendem besteht:
 - Erzeugung eines Fein- oder Grobvakuums,
 - Erzeugung einer Atmosphäre von Schutzgas bei reduziertem Druck, wobei dieser Druck höher ist als das in den vorangegangenen Schritt erzeugte Fein- oder Grobvakuum, und
 - Erwärmung der zu beschichtenden Teile durch Transportieren des Schutzgases von Heizelementen zu den Teilen und zurück zu den Heizelementen durch Mittel zur Erzeugung von Gasflüssen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Schutzgas für den Wärmetransport bei dem Kon-
ditionierungsschritt der Erwärmung verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, das nach dem Verfah-
rensschritt der Hochvakuumdampfbeschichtung den
Dekonditionierungsschritt der Kühlung umfaßt,
dadurch gekennzeichnet, daß
ein Schutzgas für den Wärmetransport innerhalb des
Konditionierungsschrittes der Kühlung verwendet
wird.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprü-
che,
dadurch gekennzeichnet, daß
Wärme- und Massenfluß im wesentlichen orthogonal
zueinander sind.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß
eine Zirkulation des Schutzgases mittels eines Ge-
bläses erzielt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Konditionierungsschritt der Erwärmung von ei-
nem weiteren, unter einem Fein- oder Grobvakuum
ausgeführten Konditionierungsschritt gefolgt wird,

oder das hohe Vakuum in der Kammer nach dem Konditionierungsschritt der Erwärmung erzeugt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Druck der Schutzgasatmosphäre höher als 0,01
bar liegt.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
es sich bei dem Schutzgas um Helium oder Stick-
stoff handelt.
9. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Schutzgas während des Konditionierungsschrit-
tes der Erwärmung wiederholt erneuert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
sich das Gebläse mit einer Geschwindigkeit von
mehr als 500 U/min dreht.
11. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
sich das Gebläse mit einer Geschwindigkeit von
mehr als 2000 U/min dreht.
12. Vorrichtung zur plasmaunterstützten Hochvakuumbe-
schichtung von Teilen mit verschleißbeständigen

Beschichtungen mit mindestens einer Hochvakuumkammer, Verdampfungsquellen, Substrathaltern zur Erzeugung eines Gasflusses, gekennzeichnet durch Mittel zum Transport eines Schutzgases von den Heizelementen zu den Teilen und zurück zu den Heizelementen.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Transport eines Schutzgases ein Gebläse (3) beinhalten.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer oder mehrere Schutzschilde (8) in dem Raum zwischen der Kammerwand (21) und den zu beschichtenden Teilen (12) angeordnet sind.
15. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit Gasflußleitblechen (9) ausgerüstet ist.
16. Vorrichtung nach den Ansprüchen 14 und 15, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Schutzschilde ebenfalls Gasflußleitbleche bildet.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß

die Position der Gasflußleitbleche veränderbar ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Gebläse (3) mit seinem Antriebsmotor durch eine Magnetkupplung (4) verbunden ist, deren angetriebener Teil von dem Antriebsteil durch die Hochvakuumkammerwand (21) getrennt ist.
19. Vorrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, daß
Heizelemente in einem an das Gebläse angrenzenden Raum angeordnet sind.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Kammerwand ausschließlich zum Kühlen des Schutzgases verwendet wird.
21. Vorrichtung nach Anspruch 18, die antreibende und angetriebene Unterbaugruppen umfaßt,
dadurch gekennzeichnet, daß
eine der zwei Unterbaugruppen vakuumdicht durch eine aus rostfreiem Stahl hergestellte Membran (39) verschlossen ist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Dicke der Membran 2 mm nicht überschreitet.

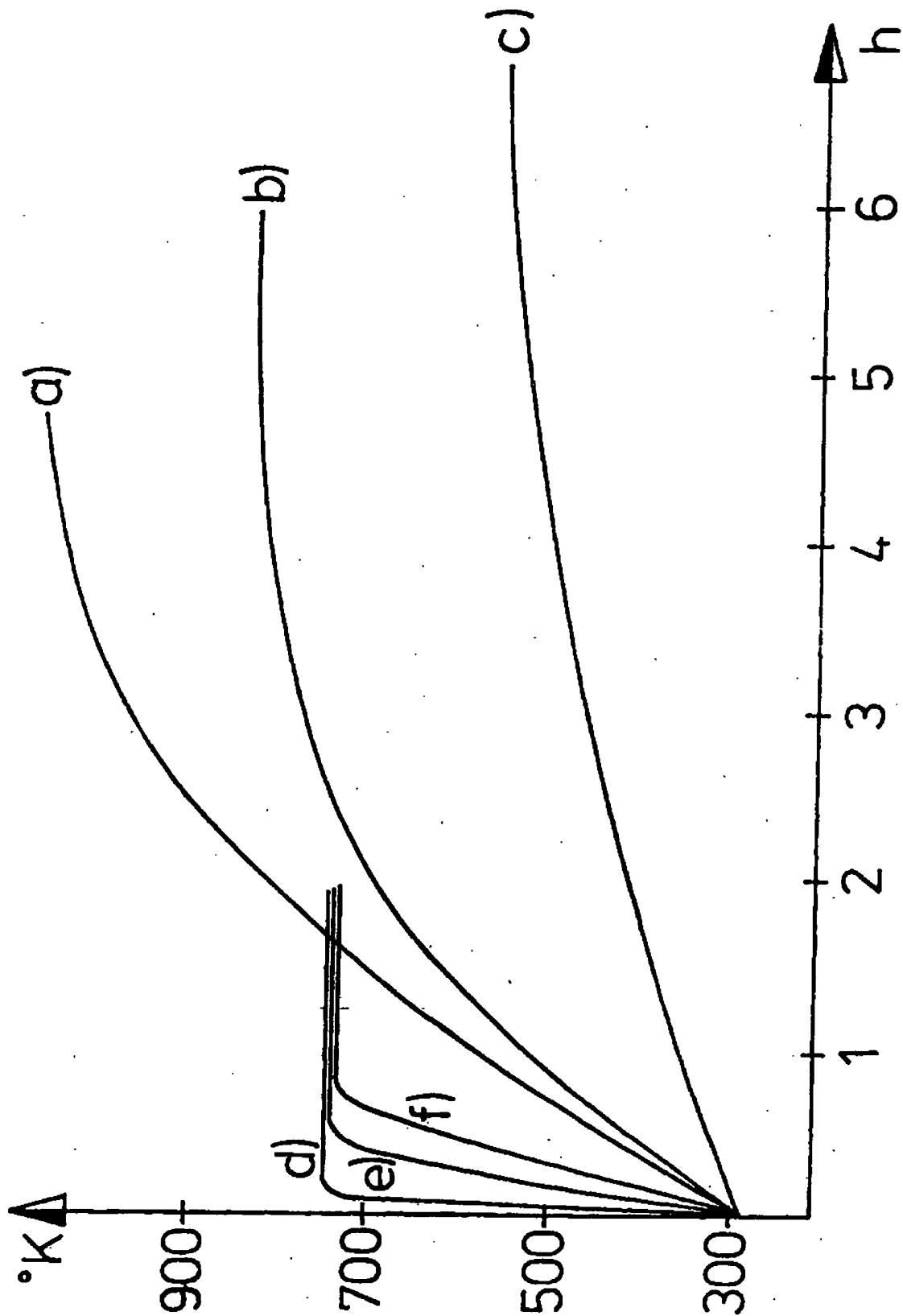


Fig. 1

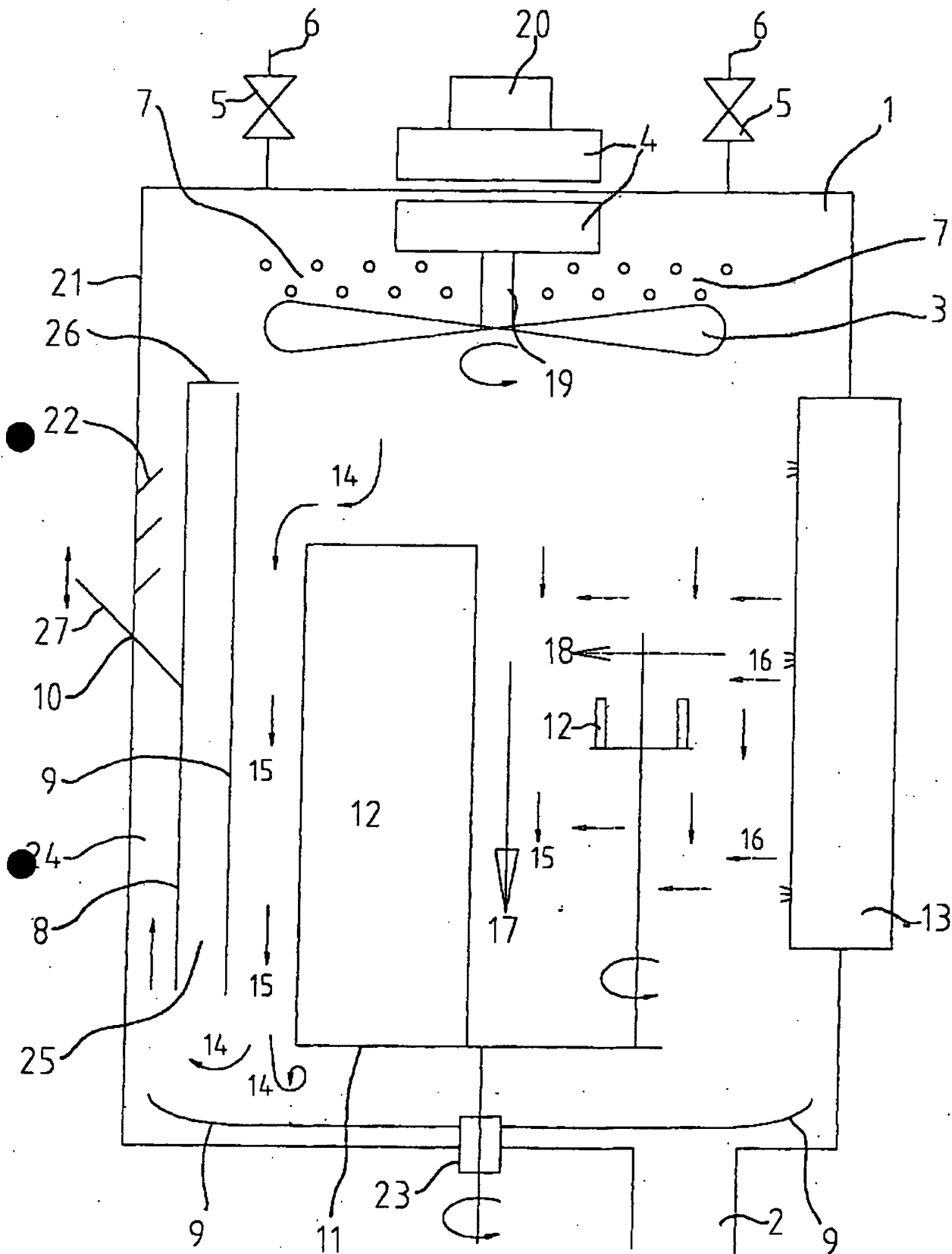


Fig. 2

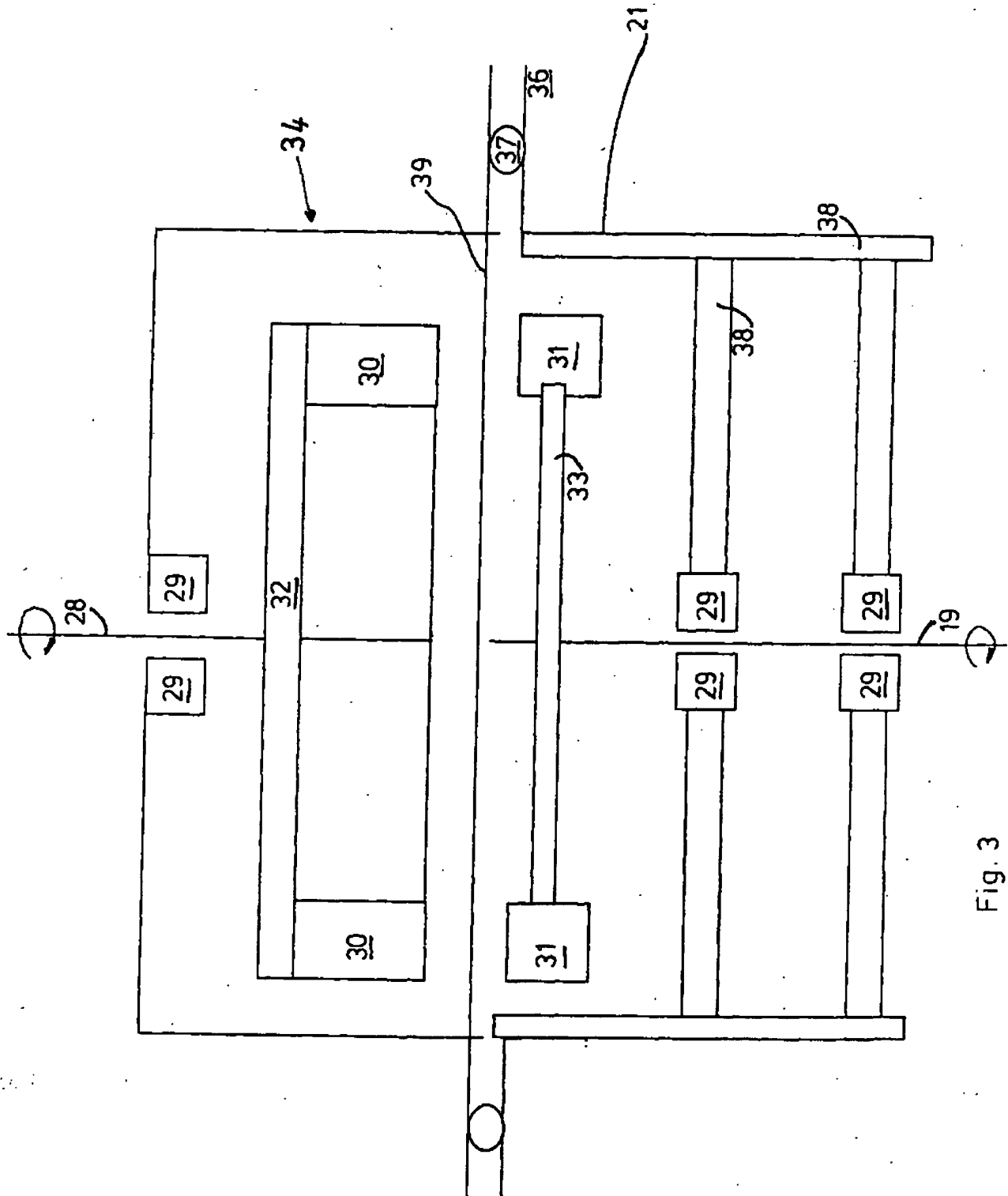


Fig. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.